Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique | Réponse des Sciences 2015/027

EXAMEN TECHNIQUE DE LA MODÉLISATION EN TROIS DIMENSIONS DES EFFETS POTENTIELS DES STRUCTURES MARINES SUR L'HYDRODYNAMIQUE DU SITE ET LA SÉDIMENTATION DÉCOULANT DE LA CONSTRUCTION D'UN TERMINAL DE GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ DANS LE NORD-OUEST DU PACIFIQUE

Contexte

Pacific NorthWest Liquid Natural Gas (PNW LNG) propose la construction d'un terminal d'exportation de gaz naturel liquéfié (GNL) à grande échelle au sein de l'estuaire de la rivière Skeena (figure 1) (appelé ci-après le « Projet »). Le Projet requerra un dragage, un dynamitage et un battage de pieux pour construire un pont suspendu sur chevalets et des postes d'amarrage pour le terminal.

Le 8 avril 2013, l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (l'Agence) a publié un Avis de lancement selon lequel elle avait entamé une évaluation environnementale conformément à la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE, 2012) pour le projet de gaz naturel liquéfié Pacific NorthWest situé sur l'île Lelu, en Colombie-Britannique.

L'énoncé des incidences environnementales (EIE) et l'addenda soumis par PNW LNG à l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACEE) le 28 février 2014 et le 12 décembre 2014, respectivement, fournissaient des renseignements concernant les effets potentiels des opérations maritimes et des structures maritimes sur le plancher océanique et l'habitat aux berges Agnew et Flora (figure 2). L'addendum fournissait aussi des réponses détaillées aux demandes de renseignements soumises par le gouvernement du Canada concernant l'accumulation de sédiments, y compris un rapport fournissant une analyse du transport et de l'accumulation de sédiments qui utilisait des modèles en deux dimensions (p. ex. le SSÉ de la Garde côtière des États-Unis et le PTM) réalisés par un expert-conseil en ingénierie navale de PNW LNG, Hatch.

Le 23 février 2015, PNW LNG a reçu une nouvelle demande de renseignements de la part de l'ACEE, qui demandait une modélisation supplémentaire en trois dimensions de l'hydrodynamique et de la sédimentation. Un cadre de référence a été élaboré pour guider l'évaluation supplémentaire (Hatch, 2015 – annexe A).

La Direction des sciences de Pêches et Océans Canada a donné des conseils informels au Programme de protection des pêches au sujet de la modélisation avant et après la construction entreprise par le promoteur en vue d'évaluer les effets potentiels des opérations maritimes et des structures maritimes sur le plancher océanique et l'habitat aux berges Agnew et Flora. Le 5 mai 2015, le Programme de protection des pêches a demandé que le secteur des Sciences du MPO examine les résultats finaux de l'exercice de modélisation susmentionné pour appuyer l'élaboration de la réponse de Pêches et Océans Canada à l'Agence canadienne d'évaluation environnementale.

Cette réponse des Sciences vise à examiner l'information fournie par rapport à la modélisation susmentionnée dans la soumission du promoteur du 5 mai 2015 : « Projet de gaz naturel liquéfié Pacific Northwest – modélisation en trois dimensions des effets potentiels des structures maritimes sur l'hydrodynamique et la sédimentation du site » (Hatch, 2015), ainsi qu'à répondre aux questions suivantes avant le 19 mai 2015 :

1. Le secteur des Sciences peut-il formuler des remarques concernant le degré d'incertitude dans le modèle en 3D et les implications liées à la précision du modèle?
2. Quelle est l'opinion du Secteur des sciences du MPO par rapport aux résultats du modèle?

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des sciences du 19 mai 2015 sur l'Examen technique de la modélisation en 3D des effets potentiels des structures marines sur l'hydrodynamique du site et le transport des sédiments découlant de la construction d'un terminal de gaz naturel liquéfié dans le nord-ouest du Pacifique.

Renseignements de base

Le promoteur décrit le milieu marin dans la région du Projet, tel que noté dans l'extrait suivant de son rapport sur les données techniques – milieu marin (Stantec, 2013) :

- Les milieux marins au sein de la région du Projet sont typiques de la côte nord de la Colombie-Britannique, et ils sont aussi sous l'influence indélébile de la rivière Skeena. Tandis que la topographie et les substratums sont typiques des fjords de la côte nord, l'estuaire de la rivière Skeena touche les courants, la salinité et la turbidité autour du Projet. À son tour, cette influence est reflétée par certains des habitats et espèces observés autour de la zone locale de l'évaluation (ZLE).
- Il existe de nombreux habitats marins différents autour du site du Projet proposé, dont la plupart sont communs dans toute la région de la côte nord. Les estrans rocheux dominent les zones intertidales. Ceux-ci se caractérisent par un assemblage diversifié d'algues et d'invertébrés. Les sédiments meubles s'accumulent dans des poches le long de la côte et soutiennent une communauté d'invertébrés qui vivent dans le substrat (par exemple, les polychètes, les palourdes et les crevettes) et la zostère marine. Les habitats infratidaux dans la zone sont également typiques de la région. Les zones extracôtières constituent un mélange de boue, de sable, de gravier, d'affleurements rocheux et de blocs rocheux; les substratums plus superficiels, de même que ceux au sein de la composante des chenaux, sont plus diversifiés, y compris les grandes étendues de fond dur. Une composante écologique particulièrement notable de la région est l'herbier de zostère étendu sur la berge Flora et les zones de sédiments meubles sur les berges Agnew adjacentes. L'importance de cette zone est reconnue depuis longtemps. Cette zone joue un rôle d'élevage important pour le saumon juvénile et les crustacés (notamment le crabe dormeur et la crevette tachetée) océaniques. La zostère marine de la berge Flora se limite en grande partie aux zones intertidales, en raison de sédiments épais en suspension qui limitent la croissance infratidale. Cette observation a été appuyée par des études sur le terrain et une cartographie fondée sur la télédétection. La diversité des habitats marins se répercute sur les espèces qui y vivent. Les zones rocheuses soutiennent des communautés d'algues diversifiées, y compris le varech; elles contribuent à l'alimentation et à la protection des invertébrés et des poissons. Bien qu'ils soient largement dépourvus d'algues, les sédiments meubles fournissent un substrat approprié pour les invertébrés fouisseurs, les crabes, les crevettes et les poissons plats.

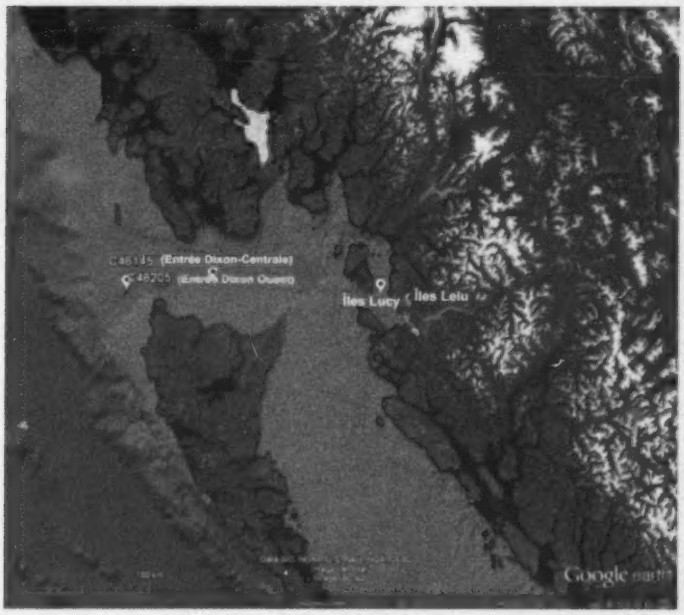

Figure 1. Carte de la zone d'intérêt, dans le contexte de la côte de la Colombie-Britannique.

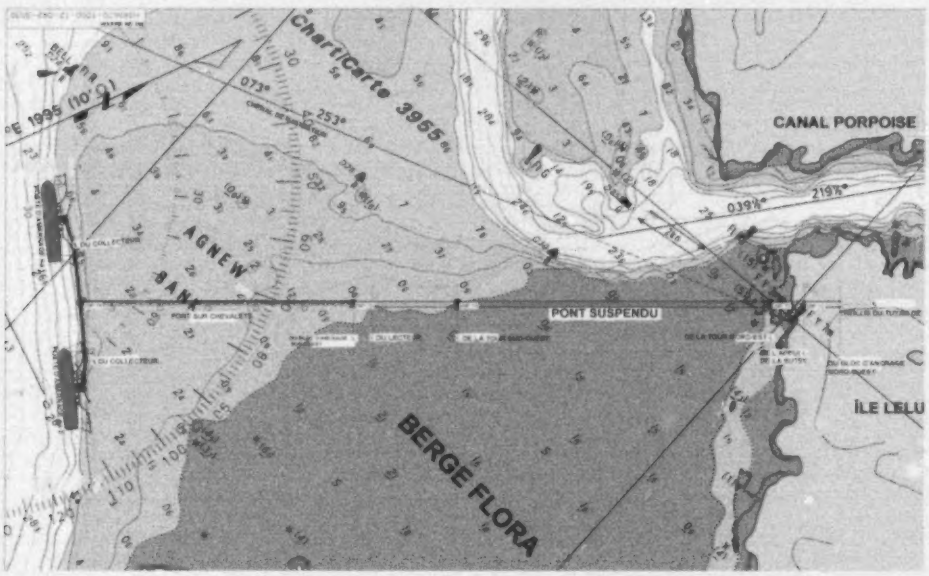

Figure 2. Estuaire de la rivière Skeena et berges Flora et Agnew. (de Hatch, 2015. Pacific Northwest LNG - 3D Modelling of Potential Effects of Marine Structures on Site Hydrodynamics and Sedimentation – 5 mai 2015, Figure 1-1: Endroit proposé pour le terminal de gaz naturel liquéfié).

Pour évaluer les effets potentiels sur les poissons vivant dans la zone, il est nécessaire d'effectuer des prévisions quant aux changements dans les courants et les modèles de sédimentation résultants, dans ces habitats diversifiés et complexes (figures 1 et 2). Pour comprendre les changements potentiels, il est nécessaire de réaliser une modélisation hydrodynamique pour la zone potentiellement touchée, aussi bien avant qu'après la construction. En reconnaissant cette lacune dans l'ébauche de l'énoncé des incidences environnementales (EIE) du Projet, l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACEE) a demandé la réalisation d'analyses supplémentaires, tel qu'énoncé dans le cadre de référence pour la modélisation en trois dimensions convenue par l'ACEE et le promoteur (voir l'extrait ci-dessous).

L'objectif de l'exercice de modélisation de PNW LNG avec le logiciel Delft3D est de répondre à la demande de renseignements de l'ACEE du 23 février 2015 et de confirmer et de peaufiner la détermination de l'énoncé des incidences environnementales et de l'addendum par PNW LNG quant à savoir si le projet d'infrastructure du terminal portuaire de PNW LNG sur la berge Agnew est susceptible d'avoir des effets nocifs importants sur le poisson et l'habitat du poisson. À cette fin, l'exercice comportera les volets suivants :

1. Utilisation du modèle Delft3D pour caractériser les références en matière de régime hydrodynamique naturel et de régime de transport des sédiments à l'aide des remarques et des vérifications du modèle décrites ci-dessous;
2. Prévision des effets du projet d'infrastructure du terminal portuaire de PNW LNG sur le régime hydrodynamique naturel et le régime de transport des sédiments, ainsi que des conséquences à long terme pour la morphologie des berges Agnew et Flora;
3. Évaluation des effets nocifs potentiels sur le poisson et l'habitat du poisson causés par des changements du régime hydrodynamique ou des processus de sédimentation;
4. Application et intégration des résultats du modèle pour répondre aux questions et traiter les préoccupations exprimées par le gouvernement du Canada au sujet des travaux modélisés en deux dimensions réalisés en 2014, tout particulièrement ceux de Ressources naturelles Canada (RNCan), en date du 9 janvier 2015 (annexe 1) et du 26 février 2015 (annexe 2), ainsi que ceux de Pêches et Océans Canada (MPO), en date du 27 février 2015 (annexe 3).

Le document suivant fourni par le promoteur a été passé en revue pour la formulation de la présente réponse :

Hatch, 2015. Projet de gaz naturel liquéfié Pacific Northwest – modélisation en trois dimensions des effets potentiels des structures maritimes sur l'hydrodynamique et la sédimentation du site. 214 pages + annexes A à D (35 pages).

Cette réponse des Sciences du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) passe en revue la modélisation réalisée par le promoteur pour traiter les points 1, 2 et 4 ci-dessus, tel que présenté dans le « Projet de gaz naturel liquéfié Pacific Northwest – modélisation en trois dimensions des effets potentiels des structures maritimes sur l'hydrodynamique et la sédimentation du site » (Hatch, 2015), appelé ci-après le « Rapport ». Le champ d'application de cet examen ne comprend pas l'évaluation des effets nocifs potentiels sur le poisson et l'habitat du poisson causés par des changements du régime hydrodynamique ou des processus de sédimentation.

Analyse et réponse

La modélisation hydrodynamique permet la prévision des courants et des modèles de sédimentation résultants, dans des habitats diversifiés et complexes. En outre, pour comprendre les changements potentiels dans le régime hydrodynamique, il faut réaliser une autre modélisation pour les étapes avant et après la construction, en tenant compte des modifications du débit découlant de l'installation des structures maritimes. Les volets suivants sont les principales composantes qu'entraînerait ledit exercice de modélisation pour la zone d'intérêt (berges Agnew et Flora, figure 2) :

1. **Sélection du modèle :** Un modèle, sujet au forçage des marées, aux vagues produites à distance et localement, aux courants poussés par les vents et induits par la poussée hydrostatique, et permettant le transport des sédiments, est requis. Le modèle Delft3D est un modèle fiable qui comporte des éléments de modèle modernes pour ces processus, combinées intelligemment, et qui permet la représentation des structures maritimes.
2. **Étalonnage et validation du modèle :** Delft3D devrait être mis en œuvre, avec des grilles d'intégration à haute résolution dans l'espace, dans les directions verticale et horizontale, et déterminé par des forçages appropriés des limites. Les modèles ont des paramètres, comme les coefficients de rugosité du fond, qui sont sélectionnés pour un vaste éventail de conditions, par exemple les études des tempêtes marines et leurs répercussions sur l'océan à partir de plusieurs autres endroits, notamment le golfe du Saint-Laurent, le golfe du Maine, la mer du Nord, etc., pour des simulations optimales. Ces paramètres doivent être ajustés, ou étalonnés, pour un ensemble choisi de tempêtes violentes; dans le cadre de ces paramètres, les résultats modélisés de variables essentielles telles que la hauteur des vagues seront comparés aux observations mesurées à des bouées. L'évaluation du modèle peut alors impliquer un deuxième ensemble indépendant de tempêtes violentes, en comparant les estimations du modèle aux observations mesurées à des bouées. Cette évaluation devrait comprendre les éléments suivants :

   Conditions des limites extérieures : Celles-ci font référence aux principaux champs pour les points de grille des limites extérieures, y compris les données sur les vagues pour le modèle de vagues, le modèle SWAN, qui est le modèle de vagues au sein de Delft3D, ainsi qu'aux données relatives à la température, la salinité et les courants pour l'élément de modèle océanique de Delft3D, et aux champs atmosphériques, dans le cas où un modèle atmosphérique à moyenne échelle est mis en œuvre pour préciser les principaux champs atmosphériques au sein de la zone d'intérêt.

   Vagues : En général, les vagues doivent avoir une grande grille de domaine, car souvent les houles se propagent à partir de grandes distances à l'échelle des bassins océaniques, elles traversent parfois même le Pacifique, pour toucher les zones océaniques côtières. Autrement, si le modèle de vagues est mis en œuvre sur une petite échelle de domaine, alors on peut utiliser des données fiables sur les vagues (des données provenant de simulations modélisées globales des vagues de la National Oceanic and Atmospheric Administration, par exemple) pour préciser les conditions des vagues à tous les points de grille des limites du domaine d'intégration.

   Marées : On peut caractériser les marées dans la région comme mixtes et semi-diurnes. La hauteur de la marée et les courants montrent généralement une modulation prononcée toutes les deux semaines, et l'amplitude de la marée varie entre plusieurs mètres pendant les marées de vives-eaux et environ quatre mètres pendant les marées de mortes-eaux.

Comme la région modélisée est relativement petite, le forçage tidal est inclus comme un forçage aux limites, et le forçage astronomique est abandonné.

Débit fluvial : Les berges Flora et Agnew sont situées à proximité immédiate de la rivière Skeena, qui draine un grand bassin versant avec une étendue aréale de 56 000 kilomètres carrés. Le débit d'eau douce de la rivière Skeena varie en général entre un minimum d'environ 410 mètres cubes par seconde en mars, et plus de 4 300 mètres cubes par seconde en juin, pendant la crue printanière (Morrison *et al.* 2012). L'inclusion du débit de la rivière Skeena dans le modèle est importante pour établir la stratification de la densité du littoral transversal et la circulation induite par la poussée hydrostatique. Outre le fait qu'elle soit la source dominante d'eau douce, la rivière Skeena est également une source majeure de solides en suspension pour la région. Les concentrations de sédiments dans les eaux de la rivière Skeena ont une variation saisonnière marquée; elles atteignent un sommet au cours de la crue printanière (p.ex. la figure 2.6 du rapport).

Stratification de la densité : Les gradients verticaux et latéraux dans la densité de l'eau de mer sur la région sont dus principalement à des variations de la salinité découlant de l'écoulement de l'eau douce des régions côtières. Le modèle pourrait être initialisé avec un champ de salinité climatologique, ou le développement des variations de la salinité pourrait être autorisé en réponse à l'écoulement de l'eau douce à la côte.

3. **Application du modèle – conditions climatiques de tempête actuelles c:** Des simulations utilisant les conditions climatiques actuelles (c'est-à-dire les données historiques de plus de 20 ans) devraient être réalisées avec le système composite du modèle Delft3D. Ce système devrait comprendre un échantillon représentatif des tempêtes violentes actuelles, et aussi des simulations à long terme déterminées par des champs de forçage océanique. Par conséquent, il serait possible d'estimer les résultats des tempêtes épisodiques sur les champs océaniques, y compris les vagues, les courants et les sédiments, ainsi que les résultats de processus à long terme.
4. **Application du modèle – conditions extrêmes :** Les grosses tempêtes sont le moteur de changements épisodiques dans les régions côtières. Il est important de simuler de manière fiable les conditions extrêmes qui pourraient se produire pour la période souhaitée de l'infrastructure envisagée. Pour cette étude, la période de récurrence de 50 ans est une exigence minimale. Les statistiques liées à des événements extrêmes n'impliquent généralement pas des occurrences à des intervalles réguliers. Il est donc préférable d'envisager une période plus longue, par exemple la période de récurrence de 100 ans.
5. **Application du modèle – effets des structures maritimes :** Les simulations citées ci-dessus devraient comparer les conditions aux structures maritimes en place, par rapport aux résultats de référence sans aucune structure maritime.

Évaluation

Cette réponse des Sciences est axée sur les principales lacunes dans la modélisation réalisée qui sont susceptibles de remettre en question la validité des conclusions dans la demande du promoteur ou les documents à l'appui, tant pour le scénario de référence que pour les scénarios d'après-construction modélisés.

Choix du modèle

L'utilisation du logiciel Delft3D est pertinente pour l'application visée. Delft3D est un système de modélisation en trois dimensions bien connu pouvant être utilisé pour étudier l'hydrodynamique,

les vagues, le transport des sédiments et la morphologie, ainsi que la qualité de l'eau pour les régions estuariennes et côtières. Les détails sont disponibles sur le site Web. Il s'agit d'un code source ouvert, et il comporte des modules des composantes pour les courants océaniques, l'écoulement calculé par Delft3D (FLOW), la morphologie (MOR) et les vagues (WAVE). On utilise Delft3D avec succès pour de nombreuses applications autour du monde, par exemple aux Pays-Bas, aux États-Unis, à Hong Kong, à Singapour, en Australie, à Venise, etc. Le logiciel est continuellement amélioré, avec de nouvelles techniques de modélisation, en réponse aux nouveaux développements de la recherche, et il est maintenu et mis à jour par le Delft Hydraulics Institute.

Delft3D a été combiné avec le modèle numérique SWAN pour tenir compte des effets de la croissance des vagues et de la propagation des conditions hydrodynamiques. SWAN est un modèle de vagues de troisième génération qui calcule les petites vagues aléatoires poussées par les vents dans les régions côtières.

Au cœur de Delft3D se trouve le module FLOW, qui est un code de simulation hydrodynamique (et du transport) multidimensionnel (en 2D ou en 3D) qui calcule les phénomènes d'écoulement et de transport non permanents découlant du forçage tidal et météorologique sur une grille curvilinéaire ajustée aux limites, ou des coordonnées sphériques. Dans les simulations en trois dimensions, la grille verticale peut utiliser des coordonnées sigma, sinon des coordonnées géopotentielles. Le transport des sédiments est calculé par le module MOR (pour la charge totale de sédiments chargés sur le fond en suspension) et les changements morphologiques pour un nombre arbitraire de fractions cohésives et non cohésives. Les courants et les vagues constituent le moteur du transport des sédiments. Pour les charges en suspension, ce module comprend l'advection-diffusion, de façon à pouvoir tenir compte des effets de la densité. Une caractéristique importante du MOR est la rétroaction dynamique entre les modules FLOW et WAVE, afin de pouvoir ajuster les courants et les vagues à la bathymétrie locale, en permettant des simulations sur des échelles de temps aussi bien en termes de jours (pour les effets des tempêtes) qu'en termes de siècles (effets des changements climatiques). Delft3D peut assurer le suivi de la composition du lit pour construire un profil stratigraphique. Le module MOR peut comprendre des caractéristiques nécessaires pour simuler des scénarios de dragage et de rejet.

Étalonnage et validation de la configuration du modèle

(Section 2, pages 13 à 44; section 3, pages 45 à 64)

Marées : Les mouvements de la marée sont forcés aux limites ouvertes du domaine modélisé. Les comparaisons établies avec les niveaux d'eau et les courants de marée observés indiquent que le modèle fonctionne bien pour les marées.

Mesures de vents prises à des bouées : Le forçage du vent utilisé pour conduire le modèle consiste en un champ de vent uniforme obtenu à partir de mesures prises à une bouée locale. L'utilisation des données sur le vent mesurées à un seul point, par exemple à des bouées d'Environnement Canada (EC) ou à la bouée de PNW, entraîne des erreurs par rapport à l'utilisation de données rectangulaires détaillées sur les vents atmosphériques comme champs principaux, comme Pêches et Océans Canada l'a préconisé dans plusieurs des évaluations informelles précédentes. On peut construire des données maillées sur les vents à partir d'un modèle atmosphérique à moyenne échelle, par exemple le modèle de recherche et de prévision météorologique (WRF, Weather Research and Forecasting). Le modèle est un code source ouvert, il peut être téléchargé sur Internet, et il dispose d'une base d'utilisateurs de plusieurs milliers de personnes dans le monde entier. Concernant la méthode précédente, à savoir l'application de mesures de vents prises aux bouées, le tableau 2-1, page 20, et la section 10,

page 203, soulignent que « On a supposé que les données sur les vents uniformes dans l'espace, d'après des mesures locales prises à Holland Rock, étaient plus précises que les mesures de vents de champ lointain produites par des modèles climatiques ». Aucun élément de preuve n'a été présenté pour soutenir cette affirmation. D'un autre côté, l'hypothèse selon laquelle il y a des « vents uniformes » est forcément erronée, étant donné la topographie côtière et les traits de côte compliqués, avec les chaînes de montagnes, etc.

Mesures de vagues prises à des bouées : On utilise les données relatives à la direction des vagues mesurées avec le modèle WW3 de la NOAA à la limite extérieure, plus la hauteur des vagues prise à une bouée (bouée 46205). Les mesures prises à un seul point ne peuvent représenter la variabilité du champ de vague le long de la totalité de la limite extérieure du maillage régional du modèle de vague présenté à la page 17. La dernière méthode, qui consiste à utiliser une seule bouée pour les vagues à la limite, n'est pas la norme actuelle pour la communauté de recherche sur les vagues. Cette méthode, adoptée par le promoteur, entraînera des erreurs; la quantification de l'ampleur desdites erreurs nécessiterait une analyse plus approfondie, et cela dépasse la portée du présent examen. Néanmoins, les éléments de preuve montrant que la méthode adoptée par le promoteur introduit des erreurs sont clairs dans les comparaisons entre les observations des vagues modélisées et les mesures de vagues prises à la bouée 46145 (Entrée Dixon-Centrale), située à environ 50 kilomètres de la bouée 46205 (pages 63 à 65). Des erreurs notables dans les estimations du modèle pour la hauteur significative des vagues se produisent, et elles sont parfois de l'ordre de 50 %. Les estimations du modèle pour les périodes de pic des vagues montrent également des erreurs notables. En donnant à penser que ces erreurs ne sont pas importantes parce que l'emplacement est loin de la berge Flora et que la bouée de PNW est plus représentative de l'emplacement du projet de terminal de gaz naturel liquéfié, on ignore le fait que, dans cette étude, le modèle est déterminé par des mesures prises à des bouées à des points des limites inférieures, et que par conséquent, il devrait bien fonctionner dans les comparaisons avec la bouée 46145. Ces erreurs entraînent des erreurs dans la houle qui touche la berge Flora et la zone qui entoure les structures maritimes proposées.

Concernant la discussion sur « les cas hebdomadaires contre la méthode des séries chronologiques » à la section 4.1, à partir des relations du spectre Pierson-Moskowitz, il est bien connu que l'état d'équilibre des vagues pour des vents de 5 m/s est une hauteur significative des vagues (Hs) d'environ 0,6 mètre. Ce chiffre est sensiblement inférieur à la hauteur de vague de quatre mètres suggérée à la page 28 de l'analyse. Il s'agit là d'une sérieuse incohérence dans cet essai, car des vents hebdomadaires moyens de 5 m/s ne peuvent pas produire des vagues hebdomadaires moyennes poussées par les vents de quatre mètres. Par conséquent, une grande partie de l'énergie de ces vagues doit être la houle; toutefois, tel que noté ci-dessus dans la discussion relative aux « mesures de vagues prises à des bouées », il est évident que la méthode de modélisation ne simule pas de manière fiable la houle.

Débit fluvial : Le débit de la rivière Skeena River est introduit à une limite ouverte du modèle comme un écoulement d'eau à faible salinité (10 ppt). Les débits sont adaptés à partir des valeurs mesurées en amont à l'embouchure, à Usk. L'utilisation des débits pondérés mesurés à Usk constitue une méthode raisonnable pour établir le débit de la rivière Skeena dans le modèle.

Stratification : Initialement, le modèle est non stratifié et la salinité est fixée à une valeur uniforme de 32 ppt. Cela implique la nécessité de permettre au modèle de créer des gradients de stratification verticale et de densité latérale en réponse au débit venant de la côte. Plus précisément, il faut alors accorder suffisamment de temps pour l'ajustement à l'écoulement

côtier. Habituellement, une telle échelle de temps serait de l'ordre d'une année. D'autres forçages qui stratifient la colonne d'eau n'ont pas été inclus dans l'analyse, mais étant donné que c'est l'écoulement d'eau douce qui a la plus grande influence sur le champ de densité littorale, cette omission est probablement moins significative.

Sédiments : Il est important d'estimer la façon dont les erreurs dans les données sur les vents et les vagues pourraient influencer les estimations pour le transport des sédiments, ou engendrer des erreurs dans ces estimations. La page 38 décrit les taux d'érosion ou de dépôt qui varient de façon linéaire avec τ, la force de cisaillement au fond, qui varie de façon linéaire avec la vitesse du vent, ou Hs2 :

$$Érosion = M_l\left(\tau/\tau_{ce} - 1\right)$$

Une relation semblable s'applique pour les dépôts. Par conséquent, les erreurs dans la hauteur des vagues ont pour résultat de doubler au minimum les erreurs dans le taux d'érosion ou de dépôt. Le taux estimé est $\sim H_S^2$, ce qui implique qu'une erreur de 10 % dans les données sur les vagues entraîne une erreur de 20 % dans le taux d'érosion ou de dépôt. En d'autres termes, étant donné que la mise à l'échelle de similarité relie les vents et les vagues[2], une erreur de 10 % dans les données sur les vents implique une erreur approximative de 40 % dans le transport des sédiments. Ressources naturelles Canada, le responsable de ce sujet, présente un débat plus détaillé.

Application du modèle – conditions climatiques de tempête actuelles

Simulations à long terme (section 2.5.1, pages 23 à 31)

Pour simuler la réponse de l'océan sur une année, 52 intégrations, dont la durée de chacune est un cycle de marée de 12,4 heures, ont été exécutées sans interruption. Le forçage dans ces exécutions consiste en un cycle de marée semi-diurne représentatif, avec des moyennes hebdomadaires des forçages des vagues, des vents et des rivières, et on fait la moyenne séquentiellement sur 52 semaines consécutives. Cette procédure a été répétée cinq fois. Tandis que l'hydrodynamique dans cette procédure est intégrée pour 134 jours au total, la densité de flux des sédiments en direction et à partir du plancher océanique est mise à échelle avec un facteur, MORFAC, pour accélérer l'évolution morphologique du modèle. En se basant sur ce facteur d'échelle, on dit que les simulations représentent une intégration de la morphologie de cinq ans.

Les conséquences de cette méthode sont examinées pour chacun des quatre principaux forçages qui poussent les courants et les sédiments en suspension dans le modèle. Cet examen est suivi d'une remarque à propos de l'utilisation de MORFAC dans le modèle.

Cycle de marée représentatif : En effectuant un forçage avec un cycle de marée « moyen » ou « représentatif » (se reporter à l'annexe D.1), la modulation du niveau de la mer et des courants de marée qui se produit toutes les deux semaines est éliminée. Par conséquent, les courants de marée les plus importants, qui sont observés au cours des marées de vives-eaux, sont absents de la simulation. Étant donné que le transport des sédiments est dominé par les phénomènes de grande ampleur ou extrêmes, l'élimination des courants de marée les plus forts entraînera une distorsion de la simulation, laquelle sous-estimera en réalité l'ampleur et la fréquence des débits les plus susceptibles de mettre en suspension et de transporter les sédiments. De la même manière, les marées de mortes-eaux plus faibles, qui sont les plus susceptibles de permettre le dépôt des sédiments, sont aussi absentes des simulations.

Moyennes hebdomadaires des vents et des vagues : Des moyennes hebdomadaires sont utilisées pour les vents et les vagues. Comme pour l'approche adoptée pour les marées, les

courants les plus forts liés aux pointes de vent et aux vagues importantes provoquées par des tempêtes sont supprimés par cette procédure de calcul de la moyenne. Elle provoque une sous-estimation des conditions de tempête, de sorte que la plupart sont susceptibles de tomber sous le seuil de mise en suspension des sédiments. Des vitesses de vent de 5 m/s ne peuvent pas produire des conditions de mer violentes. Par conséquent, toute étude basée sur cette approche fait pour l'essentiel abstraction des tempêtes et des phénomènes extrêmes, sous-estimant ou éliminant ainsi les conditions les plus susceptibles de favoriser le transport des sédiments.

Débit de la rivière : Étant donné que le débit de la rivière n'évolue que progressivement sur une échelle de temps annuelle, l'utilisation de débits hebdomadaires moyens est, en tant que telle, peu susceptible d'avoir des effets importants sur les résultats. Néanmoins, comme le précise la section suivante, le forçage de la rivière ainsi que la charge en sédiments qui lui est associée sont représentés de manière totalement inexacte dans les simulations dites « à long terme ».

Utilisation de MORFAC : Le terme « MORFAC » fait référence à un paramètre de mise à l'échelle qui peut être utilisé pour accélérer les modifications morphologiques lorsque l'on utilise Delft3D. Le manuel de Delft3D explique l'utilisation de MORFAC dans deux circonstances. La première correspond aux eaux côtières dans lesquelles des marées sont normalement présentes. Dans ce cas, le modèle hydrodynamique est intégré à l'aide du forçage en fonction du temps subi par l'océan, tandis que les changements de la morphologie sont accélérés par le facteur d'échelle MORFAC. Dans cette analyse, c'est ainsi qu'un facteur MORFAC supérieur à un aurait dû être utilisé. Le manuel de Delft3D indique également qu'il est possible d'utiliser MORFAC dans le cadre d'un cours d'eau, où il n'existe aucun forçage périodique des marées. Dans ce cas, l'évolution dans le temps de l'hydrodynamique est compressée. Le manuel donne un exemple dans lequel la variation dans un hydrogramme de rivière qui s'est en réalité déroulée sur 20 jours peut être compressée pour donner une variation se déroulant sur deux jours, avec un facteur MORFAC = 10. Le manuel explique que pour les utilisations dans le cadre d'un cours d'eau, la modification du facteur morphologique doit être associée à la modification de tous les forçages externes qui varient dans le temps. Il indique également que, *pour les utilisations dans le cadre d'eaux côtières, seul le temps de simulation global doit être rajusté*. [Non souligné dans l'original.] Dans les situations où un débit de rivière et des marées sont présents simultanément, le manuel avertit le lecteur que les résultats peuvent s'avérer difficiles à interpréter lorsque l'on utilise un facteur morphologique supérieur à un.

L'approche de modélisation adoptée par le promoteur utilise de manière inappropriée le deuxième type d'application de MORFAC, dans lequel l'hydrodynamique est accélérée. Notamment, contrairement aux instructions données dans le manuel concernant les applications dans les eaux côtières, le forçage en fonction du temps pour le vent, les vagues et le débit de la rivière a été compressé dans le temps de sorte qu'une semaine est compressée en 12,4 heures. La compression de la variation annuelle du débit de la rivière Skeena en un débit qui se déroule sur 26,9 jours est l'une des conséquences de cette approche. La figure 2.9 du rapport illustre cette variation compressée du débit de la rivière. Cette représentation du débit de la rivière est complètement différente du débit en fonction du temps réel avec lequel l'océan interagit. Voici plusieurs des conséquences qui découlent de cette fausse représentation :

- Étant donné que le volume d'eau douce déversé dans les eaux côtières correspond à l'intégrale du débit en fonction du temps, la quantité d'eau douce pénétrant dans les eaux côtières sera fortement réduite par rapport à l'écoulement réel. Il est notamment possible de démontrer que pour toute période donnée, ce débit sera réduit à 7,4 % de

l'écoulement d'eau douce réel. Sur une année, la rivière Skeena déverse au total 49,3 km^3 d'eau douce (Morrison *et al.* 2012). En comparaison, le modèle prévoit qu'environ 3,6 km^3 d'eau douce s'écouleront sur une période qui prétend représenter une année.

- La valeur relative au total des solides en suspension (TSS) déversés par la rivière dans les eaux océaniques sur une période donnée est, de la même manière, fortement réduite à exactement 7,4 % de sa valeur réelle.
- En fait, dans les simulations à long terme, le modèle ne repose sur aucun débit de rivière au cours de crues. Une crue consiste en une période de débits de rivière forts et continus liés à la fonte des neiges. Les valeurs empiriques relatives à la rivière Skeena indiquent que cette période dure environ trois mois (de mai à juillet) et qu'elle compte pour plus de la moitié de l'écoulement annuel (Morrison *et al.* 2012). Dans la simulation, le modèle est forcé avec un débit de rivière fluctuant rapidement pendant une période totale de 134 jours. Cela diffère radicalement des variations dans le temps du débit réel de la rivière qui pénètre dans les eaux côtières.
- Étant donné que la durée de simulation totale réelle est de 134 jours, l'océan du modèle dispose d'un temps insuffisant pour s'adapter au cycle annuel du débit de la rivière et aux variations saisonnières de la circulation côtière dans son ensemble. Conséquence de ce temps d'adaptation insuffisant, la stratification et les courants baroclines connexes ne sont pas définis comme il convient.
- Cette sous-représentation importante de l'écoulement d'eau douce devrait avoir des répercussions sur les courants au sein de la zone d'étude. Cela apparaît clairement dans le cadre du court scénario d'essai mené sur le débit réel de la rivière. Ce scénario montre que des modifications relativement modestes du débit de la rivière peuvent entraîner des changements substantiels sur les courants au sein de la zone d'étude (figure 4-20). Ces résultats soulignent la nécessité de modéliser de manière appropriée le débit de la rivière.
- La sous-représentation importante du déversement de total des solides en suspension en provenance de la rivière peut avoir des répercussions importantes sur le dépôt de sédiments au sein de la zone d'étude dans le cadre de la simulation « à long terme ». Cela remet en question tous les résultats présentés à la section 8.2 de l'annexe B, ainsi que toutes les conclusions formulées à propos de la limpidité de l'eau.

Temps de mise en route : Pour la composante hydrodynamique du modèle Delft3D, le temps de mise en route requis pour créer une stratification est de l'ordre d'une année. Un temps de mise en route de moins d'une année sous-estimera la stratification océanique locale. Dans le cas de la modélisation des vagues, la procédure de mise en route de Delft3D, qui est de 24,8 heures, n'est pas non plus appropriée pour les tempêtes de grande ampleur et de forte intensité du modèle SWAN. Après plusieurs décennies de recherches sur les vagues océaniques, le MPO estime qu'une durée de mise en route d'au moins 48 heures, et de préférence de 72 heures, doit être allouée. Lorsque le temps de mise en route est trop court, comme celui utilisé dans cette étude, les estimations du modèle de vagues seront influencées à la baisse, en comparaison avec les observations effectuées aux bouées.

Application du modèle – tempêtes extrêmes

(Section 2.5.1, pages 23-31, et section 9, pages 182-202)

La justification de la prise en compte des conditions météorologiques extrêmes est que des changements dans ce domaine peuvent avoir des répercussions considérables sur la société et l'environnement. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

[2007] laisse entendre que dans un climat en évolution, « [...] certains événements et extrêmes météorologiques deviendront plus fréquents, plus répandus et/ou plus intenses pendant le XXI[e] siècle ». Ainsi, les conséquences des conditions météorologiques extrêmes doivent être examinées attentivement en raison de leur probabilité d'occurrence.

Dans cette évaluation, le projet d'infrastructure est conçu en partant de l'hypothèse que le climat n'évolue pas et qu'il présente un état moyen qui ne change pas, alors qu'il est communément admis qu'un changement climatique est en cours et que les moyennes, la variabilité et les phénomènes extrêmes du climat peuvent évoluer. La conception des nouvelles infrastructures d'après les données historiques relatives aux conditions météorologiques et climatiques extrêmes représente désormais une pratique courante. Pour tenir compte de ce climat en évolution, la valeur maximale d'une variable donnée relevée dans les données historiques, comme les vents et les vagues, est considérée comme la valeur appropriée dans le cadre de la conception du projet. L'Organisation météorologique mondiale (OMM) recommande que les stratégies d'adaptation au changement climatique commencent à tenir compte des changements à l'échelle décennale (ou variabilité à basse fréquence) dans les phénomènes extrêmes observés au cours de la décennie passée, ainsi que dans les projections relatives aux changements à venir en la matière, comme celles obtenues à partir de modèles climatiques. Certains types d'infrastructures disposent aujourd'hui d'une faible marge pour amortir les répercussions du changement climatique. (OMM, 2009).

Dans cette analyse, les phénomènes extrêmes sont modélisés à l'aide d'une série chronologique de 20 ans pour les vents mesurés à la bouée de Holland Rock et en appliquant un mode de distribution de Gumbel normalisé pour estimer les vents violents au cours des périodes de récurrence souhaitées (50 ans, 100 ans, etc.). Ces estimations pour les vents extrêmes d'une période de récurrence de 50 ans sont ensuite utilisées pour « mettre à l'échelle » une tempête dans les conditions climatiques actuelles pour atteindre une intensité estimée qui semble correspondre à l'intensité des vents d'une période de récurrence de 50 ans à la bouée de Holland Rock. Cependant, dans les faits, cette procédure particulière de mise à l'échelle ne représente pas très bien la composante des tempêtes extrêmes d'une période de récurrence de 50 ans pour la zone du projet. Les éléments ci-après décrivent les lacunes ou les erreurs dans la modélisation présentée :

- **Scénarios de référence** (page 182) : Les scénarios de référence pour les tempêtes énumérés dans le tableau 9-1 sont relativement faibles. Une série chronologique de données plus longue est requise, et est disponible à Holland Rock, afin de choisir des tempêtes plus violentes à titre de références. Comme l'indique la page 183 du rapport, les vents pour les tempêtes violentes à Holland Rock se chiffrent à 33 m/s et à 31,4 m/s pour les périodes de récurrence de 100 ans et de 50 ans, respectivement. La modélisation menée utilise des vents bien inférieurs à ces valeurs connues.
- **Vagues d'une période de récurrence 100 ans à Holland Rock** : Comme c'est le cas pour les vents (figure 9-1), les vagues devraient être modélisées à Holland Rock avec des périodes de récurrence de 50 ans et de 100 ans. Ces valeurs peuvent être calculées à partir des données connues provenant de la bouée, car la base de données est suffisamment longue (valeurs sur 20 ans énumérées au tableau 2-1).
- **Tempête extrême d'une période de récurrence de 50 ans** (page 186) : La tempête « extrême » artificielle utilisée par le promoteur est très mal conçue. Les pointes de vent ne durent qu'une heure, et leur direction est telle que les structures maritimes n'ont aucun effet d'abri sur la berge Flora (elles se trouvent en aval de la berge Flora, donc très peu d'effets sont observés sur ladite berge). D'autres configurations de tempêtes devraient

être envisagées pour la tempête « extrême » d'une période de récurrence de 50 ans, afin que le scénario de tempête le plus violent puisse être mis à l'essai, et non le scénario de vent le plus léger. Au cours de la fameuse tempête qui a touché l'Atlantique Nord en 1991 et que l'on appelle aujourd'hui « La tempête », les pics de vagues se sont produits et ont évolué sur une période de 24 h, atteignant 17 m, pour se maintenir à cette puissance maximale pendant environ 6 h. Les pics de vent ont également atteint environ 33 m/s pendant 6 h au cours de cette tempête, des chiffres relativement similaires à ceux auxquels on peut s'attendre dans la zone modélisée, d'après la figure 9-1.

- **Phénomène extrême** (page 188) : Le scénario de tempête « extrême » qui est présenté n'est pas complet. La direction de ce scénario artificiel devrait présenter différentes possibilités, notamment des cas dans lesquels les vagues passent d'abord la berge Flora avant de passer les structures maritimes, et inversement, avec les vagues frappant en premier lieu les structures maritimes, puis la berge Flora. Ce dernier scénario permettrait de montrer les répercussions des structures maritimes sur la zone de la berge Flora. Les scénarios relatifs à la tempête extrême devraient également envisager des tempêtes dans lesquels des vents constants soufflent sur les structures maritimes, la berge Flora et la berge Agnew selon différents angles, et demeurent constants pendant au moins une demi-journée, voire plus. Ces scénarios devraient également inclure des simulations avec ou sans les structures maritimes afin d'observer l'ensemble des effets de ces dernières sur la région environnante. Les simulations du modèle devraient montrer l'ensemble des effets possibles. Les vents devraient être déterminés en fonction d'une période de récurrence de 50 ans, au minimum, et devraient également inclure, dans l'idéal, une période de récurrence de 100 ans.
- **Morphologie** (pages 198-202) : L'effet des tempêtes extrêmes sur la morphologie est modélisé de manière à ce que l'effet le moins important possible des structures maritimes soit mis à l'essai, au lieu d'utiliser des scénarios dans lesquels ces structures pourraient avoir des répercussions sur la berge Flora (voir les précisions ci-dessus).

Représentation et effets des structures maritimes

(Section 2.6, pages 33-37)

Le projet d'installation de structures maritimes sur le fond marin adjacent à la berge Flora comprend un bloc d'ancrage et une tour qui soutiendront un pont suspendu, ainsi qu'une série de chevalets simples disposés le long d'un pont sur chevalets. Le projet comprend également un poste d'amarrage pour l'accostage des navires, lequel sera soutenu par une série de pieux. Le bloc d'ancrage est de loin la structure la plus grande, avec des dimensions de 45 m x 44 m, alors que la tour mesure 20 m x 36 m. Ces deux structures traverseront la colonne d'eau. Les chevalets simples se composent de pieux de 1,2 m de diamètre. Le nombre de pieux dans chaque chevalet simple n'est pas indiqué.

En raison de la résolution relativement grossière du modèle (de 1 000 à 60 m), toutes les structures sont plus petites que sa dimension de maille. Par conséquent, elles ont été paramétrées dans le modèle comme des « plaques poreuses », l'une des options disponibles dans le modèle DELFT3D pour représenter les structures d'une dimension inférieure à la maille. Les coefficients de traînée doivent être précisés pour chacune des plaques poreuses. À cet égard, une réduction partielle du débit à l'intérieur d'une maille contenant une plaque poreuse (la « perméabilité ») est estimée en fonction des dimensions de la structure par rapport à l'échelle de la maille. Un coefficient de traînée pour la plaque poreuse est ensuite calculé pour obtenir cette hypothèse de perméabilité.

Voici quelques observations concernant la modélisation des structures maritimes :

- L'utilisation de plaques poreuses semble justifiée dans les cas du pont sur chevalets et du poste d'amarrage, étant donné qu'il s'agit de deux structures linéaires étendues. Pour ces structures, les supports sont petits et largement espacés, et l'hypothèse d'une perméabilité de 90 % semble raisonnable.
- Une série d'expériences supplémentaires dans un cadre théorique (un modèle de canal) a été menée en vue d'étalonner le coefficient de traînée des plaques poreuses et d'obtenir ainsi la perméabilité requise. Même si de telles expériences sont utiles en vue de guider le paramétrage du coefficient de traînée, aucune information n'est apportée pour indiquer si la perméabilité souhaitée est réellement atteinte dans le modèle régional.
- La traînée devrait être précisée dans les deux orientations de l'axe horizontal, au moins pour le bloc d'ancrage et la tour. Aucune information précise n'est apportée, mais le fait qu'un seul coefficient de traînée est indiqué pour chaque élément semble indiquer que cela n'est pas le cas.
- Dans le cas du bloc d'ancrage et de la tour, les écoulements touchant de grosses structures de ce type seront bloqués du côté en amont et accéléreront le long des flancs de l'obstacle. Au niveau du bord de fuite, on observera une séparation de la couche limite de l'écoulement et un sillage de turbulence sur la face abritée des structures. Au vu de la proximité du projet de structures avec la berge Flora, des jets et des tourbillons qui se trouveront sur la face abritée de la structure pourraient toucher les rives de la berge au cours de la marée montante. Ces écoulements puissants ont le potentiel d'éroder la berge.
- La résolution relativement grossière du modèle (qui nécessite le paramétrage de la plaque poreuse) pose problème pour la modélisation des effets des deux plus grandes structures (le bloc d'ancrage et la tour); il est difficile de déterminer si les effets de ces structures sont représentés de manière adéquate. Il est notamment probable que le modèle ne soit pas en mesure de traduire adéquatement les écoulements puissants et l'effet de cisaillement générés sur la face abritée des structures. Les écoulements turbulents et les tourbillons qui seront constatés sur la face abritée du bloc d'ancrage et de la tour sont probablement absents des simulations, et les jets séparés sont forcément plus diffus que dans la réalité. Tous ces éléments sont susceptibles d'influencer les résultats et de sous-estimer les effets de ces grandes structures. Le remède évident à ces problèmes aurait consisté à mener des simulations qui présentent des résolutions beaucoup plus élevées à l'échelle locale (peut-être dans le cadre d'un modèle imbriqué) dans lesquelles les structures maritimes et les écoulements turbulents sont explicitement traduits.
- D'après plusieurs figures du rapport (p. ex. la figure 5-10 et la figure 5-14), il apparaît clairement que certaines des perturbations les plus importantes touchant les courants dans le modèle sont provoquées par le bloc d'ancrage et la tour. Cela renforce la nécessité de représenter précisément l'influence de ces deux structures, car elles semblent être les éléments les plus importants.

Conclusions

Le secteur des Sciences du MPO a déjà mené quatre examens et fournit des commentaires sur les analyses provisoires réalisées par le promoteur à propos du régime hydrodynamique de référence et des changements potentiels qui pourraient se produire en lien avec l'installation de structures maritimes à proximité de la berge Flora. Bon nombre des lacunes et des aspects problématiques des analyses notés dans ces examens précédents restent non résolus dans la

version définitive de l'annexe B : Projet de gaz naturel liquéfié Pacific Northwest – modélisation en trois dimensions des effets potentiels des structures maritimes sur l'hydrodynamique et la sédimentation du site. Le présent examen a une nouvelle fois recensé des lacunes et des erreurs nombreuses et importantes dans les procédures de modélisation, les données d'entrée, les hypothèses et l'évaluation des incertitudes. Par conséquent, les résultats et les conclusions présentés dans l'analyse du promoteur ne sont pas corroborés. Au vu de la nature de ces lacunes, il est vraisemblable que l'ampleur et la portée des répercussions des structures maritimes sont sous-estimées.

Ci-dessous sont recensées les principales observations et conclusions formulées dans le cadre du présent examen :

- Dans les simulations « à long terme », le modèle repose sur une marée « représentative » ainsi que sur des vents, des vagues et un débit de rivière moyens hebdomadaires dans le cadre desquels le cycle annuel est compressé en une période de 26,9 jours. La validité de cette procédure de modélisation est douteuse, et ne correspond pas aux instructions données dans le manuel du modèle utilisé. Dans le cas du débit de la rivière, la valeur est manifestement inexacte.
- Le calcul de la moyenne hebdomadaire des vents et des vagues élimine les pics dans ces champs de forçage associés au passage de tempêtes, tandis que l'utilisation d'une marée représentative supprime les courants de marée les plus forts associés aux marées de vives-eaux. En conséquence, la probabilité de dépasser le seuil critique pour la mise en suspension et le transport des sédiments est sous-estimée dans ce modèle. En outre, la suppression des marées de mortes-eaux réduit la probabilité d'atteindre le seuil de dépôt des sédiments.
- Le volume d'eau douce et la quantité de sédiments en suspension déversés par la rivière Skeena dans les eaux côtières sont gravement sous-représentés dans le modèle. Cela provoquera une sous-estimation de la circulation induite par la poussée hydrostatique ainsi que du total des solides en suspension (TSS) dans la colonne d'eau. Cette constatation sème un doute considérable sur l'évaluation menée à propos des répercussions d'une modification de la répartition du total des solides en suspension et de la limpidité de l'eau.
- Le temps de « mise en route » alloué à la circulation induite par le forçage lié aux vagues, aux vents et plus particulièrement à la poussée hydrostatique pour qu'elle puisse s'établir est trop court. En conséquence, ces déplacements sont vraisemblablement sous-représentés. De la même manière, le temps de mise en route alloué au module des vagues de Delft3D est trop court en soi, et influence vraisemblablement à la baisse les estimations de la simulation des vagues.
- Le bloc d'ancrage et la tour sont de loin les structures maritimes les plus imposantes que le promoteur propose d'installer. En dépit de leur taille importante (44 m x 45 m dans un cas), la résolution de la grille du modèle est insuffisante pour les représenter de manière explicite, et elles sont donc paramétrées comme des plaques poreuses. Par conséquent, le modèle ne représente pas de manière adéquate l'accélération du débit qui se produira sur les flancs de ces blocs. La résolution du modèle est également insuffisante pour représenter comme il se doit le sillage de turbulence et les écoulements séparés qui se produiront des deux côtés des blocs d'ancrage, ainsi que les tourbillons qu'ils généreront et qui seront abrités du côté en aval et qui interagiront avec la berge Flora. Il est possible que ces écoulements puissants érodent les bords de la berge Flora, mais il est impossible d'évaluer l'ampleur de ce phénomène d'après les simulations rapportées.

- L'analyse n'envisage pas correctement la tempête extrême de période de récurrence de 50 ans ni une série de tempêtes extrêmes de période de récurrence de 50 ans, sous-estimant ainsi les répercussions potentielles de l'installation des structures maritimes sur le milieu environnant. Même si le promoteur estime les vents de période de récurrence de 50 ans et de 100 ans au niveau de la bouée de Holland Rock, d'après les données observées sur 20 ans, et malgré l'utilisation d'une analyse des valeurs extrêmes normalisée appliquant la méthode reconnue de distribution de Gumbel pour les données sur les vents, plusieurs des autres conditions requises pour estimer les répercussions d'une tempête extrême de période de récurrence de 50 ans sont réduites, voire inexplorées. Notamment, l'analyse n'envisage qu'une direction pour la propagation de tempête, orientant les structures maritimes en aval de la berge Flora, ce qui rend par nature impossibles les répercussions de ces structures maritimes sur la berge Flora. En outre, pour analyser l'intensité maximale des tempêtes extrêmes possibles de période de récurrence de 50 ans, les vents les plus violents générés par les tempêtes devraient être modélisés sur des durées de plusieurs heures (par exemple sur une demi-journée), et non une seule heure. En outre les vents devraient être envisagés à leur vitesse maximale connue et non être ralentis de 15 %, comme c'est le cas dans l'analyse actuelle.

Collaborateurs

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Patrick Cummins	Auteur, Direction des sciences du MPO, région du Pacifique
William Perrie	Auteur, Direction des sciences du MPO, région des Maritimes
Charles Hannah	Auteur, Direction des sciences du MPO, région du Pacifique
Diane Masson	Auteure, Direction des sciences du MPO, région du Pacifique
Marilyn Hargreaves	Rédactrice, Direction des sciences du MPO, région du Pacifique

Approuvé par

Carmel Lowe
Directeur régional
Direction des sciences, Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada

20 mai 2015

Sources de renseignements

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. Quatrième rapport d'évaluation du GIEC : Changements climatiques 2007. (Consulté le 19 mai 2015).

Hatch. 2015. Pacific Northwest LNG – 3D Modelling of Potential Effects of Marine Structures on Site Hydrodynamics and Sedimentation. H345670-0000-12-124-0012, Rev.0.

Morrison, J., Foreman, M.G.G., Masson, D. 2012. A Method for Estimating Monthly Freshwater Discharge Affecting British Columbia Coastal Waters. Atmosphere-Ocean, 50: 1, p.1-8.

Organisation météorologique mondiale. 2009. Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72. (Consulté le19 mai 2015).

Stantec Consulting Ltd. 2013. Pacific Northwest LNG Technical Data Report – Marine. Project No. 1231-10537.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2015. Examen technique de la modélisation en trois dimensions des effets potentiels des structures marines sur l'hydrodynamique du site et la sédimentation découlant de la construction d'un terminal de gaz naturel liquéfié dans le nord-ouest du Pacifique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/027.

Also available in English:

DFO. 2015. Technical review of 3D modelling of potential effects of marine structures on site hydrodynamics and sedimentation from the construction of the Pacific Northwest liquefied natural gas terminal. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2015/027.